

# Programme L4 (6h Cours – 12h TD par étudiant) – J. Bresson

## Le potentiel éolien

- L'origine, l'énergie et la puissance du vent
- Potentiel énergétique
- Fluctuation de la vitesse
  - o Variabilité temporelle
    - Distribution de Weibull
    - Estimation des paramètres  $k$  et  $c$
    - Vitesse médiane et moyenne du vent – Fonction Gamma
    - Densité de puissance et d'énergie produite par une éolienne
    - Facteur de charge ou de disponibilité
  - o Variabilité spatiale
    - Couche limite atmosphérique – cisaillement du vent
    - Effet colline
    - Rugosité des sites – lois en puissance et en logarithme
    - La turbulence – intensité – évolution en fonction du temps
    - La rose des vents
    - Spectrogramme – Temps/fréquence du vent
- Exercices
  - o Distribution de Weibull
  - o Densité de puissance et énergie annuelle produite par l'éolienne

## Dimensionnement des éoliennes - Méthodes basées sur l'aérodynamique du profil

- Eoliennes à axe horizontal
  - o Théorie de Betz - Théorie de l'écoulement axial
  - o Théorie de l'élément de pale – Théorie simplifiée (*pas de rotation de la veine d'air*)
    - Calcul de la poussée axiale, du couple et de la puissance
    - Détermination de la corde et de l'angle de calage de la pale
  - o Théorie de Glauert - Blade Element Momentum Theory (BEM) – Théorie tourbillonnaire (*rotation de la veine d'air*)
    - Calcul de la poussée axiale, du couple et de la puissance
    - Détermination des coefficients d'induction  $a$  et  $b$
    - Dimensionnement optimal des pales pour une puissance maximale
  - o Comparaison des deux théories
- Eoliennes à axe vertical
  - o De type SAVONIUS – Traînée différentielle
    - Etude d'un rotor Savonius de type anémomètre
  - o De type DARRIEUS - Modèle du tube de courant Unique (1D)
    - Calcul de la poussée axiale, du couple et de la puissance
    - Détermination du  $C_p$  en fonction de la vitesse spécifique  $\lambda$ .
  - o De type DARRIEUS - Modèle à deux tubes de courant (2D)
    - Détermination par itération des caractéristiques du rotor
- Exercices
  - o [Ex 1 : Calcul d'un aérogénérateur à axe horizontal \(rapide\)](#)
  - o [Ex 2 : Etude d'une éolienne Américaine \(lente\)](#)
  - o [Ex 3 : Calcul d'un rotor Darrieus](#)
  - o [Ex 4 : Etude d'un rotor Savonius](#)
  - o Ex 5 : Détermination des performances d'une éolienne à AH (méthode BEM).
  - o Ex 6 : Détermination des performances d'une éolienne Darrieus (modèle 1D et 2D).

## Technologie des éoliennes

- Montage d'une éolienne de puissance
- Intérieur de la nacelle d'une éolienne de puissance
- Courbe de puissance d'une éolienne - Nécessité d'une régulation
- Régulation de puissance
  - o système PITCH à pas variable
  - o système STALL à décrochage passif aérodynamique
- Régulation de puissance des petites machines
- Système d'arrêt des éoliennes
- Exercices
  - o Contrôle de la puissance système STALL et PITCH

## Production d'électricité

- Introduction à l'électromagnétisme - Force de Laplace
- Principe de fonctionnement du moteur
- Générateur / moteur à courant alternatif - Eléments de base d'un moteur/générateur
- Plusieurs types de génératrices – Synchrones – Asynchrones
- Génératrice synchrone triphasée - Nombre de pôles - Risque de décrochage
- Génératrice asynchrone triphasée - A cage d'écurieul - Rendement électromagnétique
- Eolienne couplée au réseau électrique – Problématique
- Eolienne couplée au réseau à vitesse de rotation constante et vitesse de rotation variable
- Principales chaînes de conversion d'énergie génératrices asynchrone (GAS) et synchrone (GS)
- Génératrice synchrone (GS) à aimants permanents
- Dimensions – Production d'électricité

## Modélisation et commande d'un système éolien

- Coefficient de puissance
- Courbe de puissance d'une éolienne
- Extraction de la puissance maximum (MPPT)
- Différents systèmes de contrôle de l'angle de Pitch
- Modélisation de la turbine de l'éolienne
- Schéma bloc avec asservissement de la vitesse de rotation
- Commande vectorielle de la génératrice
- Modélisation de l'éolienne

## Bibliographie

## Formulaire